

# TRAVEL REPORT FORM

## 출장보고서

결 재	연구원	과장	본부장	원장
	05/12	05/12	05/12	05/12
협 조	김가은	이우섭	이진영	신도식

### I. Travel Overview 출장개요

#### 1. Traveler(s) 출장자

Department 소속	Position 직위(직급)	Name 성명	Note 비고
기후분석과	선임연구원	명복순	
	연구원	김가은	

#### 2. Travel Period 출장기간

- 김가은 연구원: 2023.4.23.(일)~2023.4.30.(일)
- 명복순 선임연구원: 2023.4.23.(일)~2023.4.29.(토)

#### 3. Occasion and destination 행사 및 출장지

- 2023년 유럽지구과학회(EGU), 빈, 오스트리아

### II. Major Activities 주요업무 수행내용

#### 1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

##### 1-1. APCC 연구 발표

- 구두발표(명복순): Recent trend of cold winters followed by hot summers in South Korea
- 구두발표(김가은): The effect of arctic vertical warming on East asia temperature variability on a monthly time scale and its predictability



## 1-2. 각 세션 주요내용 요약

### ① “Extreme Climate Events: Variability, Mechanisms, and Prediction”

#### [극한 이벤트 특성]

- 관측자료에서는 최근들어 극한 기온 이벤트의 변동성(Variance)과 지속성(Persistency)이 함께 증가하는 경향을 보이나 GCM에서는 지속성이 잘 모의되지 못함. 기온의 지속성이 증가하는 원인으로 온실기체증가로 인한 대기의 불투명성(opacity) 증가가 지목됨.

#### [가뭄]

- 가뭄의 폭염의 동시 발생을 탐지할 수 있는 인덱스를 개발하여 늦여름 중국 북서부에 폭염/가뭄이 발생하는 기작을 분석한 결과 Polar-Eurasia 패턴과 P-J 패턴이 연관되어 있음을 밝힘. 이러한 현상의 예측인자로서 2월 라니냐 유사 패턴, 3월 바렌츠 해빙, 4월 북서 시베리아 토양수분을 제시하고 이들을 기반으로한 물리경험 예측모델을 개발하고 테스트함.
- 중국 동부 몬순지역 중 높은 지표-대기 상호작용에 의해 폭염을 동반하는 급성가뭄이 자주 나타나는 지역을 탐지한 결과 중국 남동부 몬순지역으로 나타났으며 고기압 발생 시 하강기류와 함께 토양수분이 감소하고 그로인한 지표 증발산이 감소하여 강수를 감소시키는 것으로 확인되었음
- 급성가뭄은 식생에 많은 영향을 미치기 때문에 위성기반 식생 자료와 기후변수의 sum을 비교하여 랭킹기반 극한현상 인덱스를 개발하여 유럽 폭염/가뭄에 적용함. 이러한 접근은 식생에 미치는 영향을 함께 고려하기 때문에 관련분야 의사결정자에게 더 좋은 정보가 될 수 있음
- 중국 북동부(바이칼호 주변)에 SPEI의 두 번째 모드로 나타나는 연간 변동성은 봄철부터 여름까지 장기간의 가뭄을 유발할수 있는데 봄철 양의 NAO 위상에 의해 가뭄이 시작되고 지표와대기의 상호작용을 통해 가뭄이 지속되는 경향성이 있음

#### [한파]

- Cold Arctic Warm Eurasia 현상과 관련하여 겨울철 계절내 진동이 관측과 모델에서 발견되었는데 12월과 1-2월이 반대의 기온 경향을 나타냄. 그 원인으로써 우랄 블로킹과 관련된 중위도 서풍편차가 planetary-scale 상향 파동을 유도하여 성층권 polar vortex에 영향을 미치기 때문인 것으로 보이며 이는 유라시아 겨울철 기온 예측에 유용한 정보일 수 있음
- 2020/21년 겨울 동아시아 한파와 북아메리카 한파 역학 연구: 적은 해빙으로 인한 열대와 극지역의 공기 교환(상층 하층 분리)으로 성층권 돌연승온이 나타나고(동아시아 한파 발생) 북태평양과 북대서양의 고온의 해수면과 상호작용을 통해 북극 공기가 북아메리카로 남하하여 한파가 발생한 것으로 추측됨(상기 겨울철 계절내 진동과 유사한 프로세스로 보임)

#### [폭염]

- 북반구 중위도에서 파수 5~7의 quasi-stationary wave가 강한 강도로 발달할 때 높은 습도를 동반하는 폭염이 발생하는데 이는 CGT 패턴과 유사함. 이 현상이 발생할 때 수평 기온 이류와 단열 기온상승, 태양복사에너지의 증가, 수증기 transport이 동시에 발생하여 고온다습의 현상이 발생함
- 7-8월 기간동안 상층 파동전파에 의해 생성된 북극-시베리아 지역의 고기압은 양의 수증기 피드백(복사에너지 증가에 의한 지표 기온상승 및 증발산 증가)에 의해 열적 고기압으로 증폭된 후 동아시아에 고기압성 흐름을 유도하여 폭염을 유발할 수 있는데 이러한 프로세스는 계절내 진동의 형태를 띰. 이러한 결과는 LBM 모델 실험에서도 나타남
- Complex Network (비선형적 역학 시스템 모델링에 적합)을 이용하여 과거 유럽 폭염 이벤트의 source, sink, 지역적 연결성을 고려한 propagation 패턴을 분석하려 시도하였음
- 유라시아 지역의 여름철 고온일수는 1994/95년을 기점으로 증가하였음. 그 배경에는 기온이 상승한 북대서양에서의 파동전파의 영향이 컸는데 제트 출구와 관련하여 지역(카스피해 주변)에 하강기류가 강하게 나타나기 때문임

### ② “Attribution in climate (impact) science: from long-term trend to extreme events and impacts”

- 2021년 북미 서부 폭염 사례는 전통적인 통계분석인 GEV 분석으로는 일어나지 않을

---

이벤트였고(10,000년 이상의 리턴타임) 향후에는 점점 기존의 분석방법을 적용하는 것이 어려워질 것으로 예상되어 새로운 attribution 접근법이 필요한 상황임(storyline 접근법 제안)

- 최근들어 발생하고 있는 온난화로 인한 극단적 기온 상승 현상들은 non-stationary GEV 방법도 적절하지 않으며 많이 쓰이는 Wald-type 접근도 적절하지 않음(symmetric을 전제로 하기예). 이러한 문제의 원인은 historical record가 상대적으로 짧기 때문임
- 과거 기록중 최악의 극한 현상 이벤트를 찾고 weather generator 기법을 사용하여 그와 유사한 현상이 미래 기후변화시 얼마나 발생할지를 테스트하여 관련 정보를 제공하는 방법을 제안

### ③ Storyline-based climate attribution, projection, process understanding and impacts

- 기후변화가 이상기후에 미치는 영향을 정량화하기위해 스토리라인 기반 접근을 제안. 어느정도의 기온상승이 일어날 것이라든 정보보다 그러한 기온상승이 어떠한 영향이 있을지를 구체화 시키는 방안임. Dynamic 스토리라인과 Event 스토리라인으로 구분될 수 있으며 조건화를 통해 의사결정자들에게 더욱 신뢰도 있는 정보를 제공
- 남아메리카 남동부 여름강수량에 대해 4가지의 주요 역학 driver의 조합에 의한 강수량 편차 패턴을 분석하여 스토리라인을 생산한 연구
- 2021년 초에 스페인에서 발생한 극한 강설을 유발한 이벤트에 대해 CMIP6 자료를 이용한 산업화 이전 및 미래기후 배경에서 WRF 모델을 사용하여 모의, 지구 온난화에 따른 극한 강설 이벤트의 향후 전망 정보를 생산함
- CMIP6 자료 기반 기후모델과 역학적 다운스케일링을 통해 지구 평균기온 2도 상승 vs 4도 상승 시 2019년 유럽 폭염과 같은 현상이 얼마나 발생할 것인지를 전망하였음

### ④ Polar amplification: Driving mechanisms and links to lower-latitude weather and climate

- PAMIP 실험에서 polar amplification과 연관된 중위도 대기반응에 대한 연구가 다수 발표됨
- CMIP 모델들은 대부분 해빙소실에 대한 polar amplification을 과도하게 모의하며 북극 이외의 지역에도 상층 warming을 과도하게 모의함
- 북극의 warming이 하층에만 제한적으로 발생하는 경우 amplification 반응(wavier jet stream)이 약하게 나타남
- 고위도 블로킹이 2개 이상 동시에 발생하는 경우(우랄지역&태평양지역) 동아시아에 저온 발생 비율이 높으며 유라시아 전체의 저온 패턴은 AO와 연관
- polar amplification의 연직 구조에 대한 budget 분석

### ⑤ Advances in statistical post-processing, blending, and verification of deterministic and probabilistic forecast

- 통계적 후처리 방식과 앙상블 보정에 관한 연구들이 발표됨
- Non-homogeneous gaussian regression (NGR)을 이용한 lead-time continuous model을 구축하여 예측자료 후처리를 통해 ~8days 까지 성능 개선
- Continuous rank probability score
- Quantile regression forests for ECMWF 강수 앙상블 예측 성능 개선
- 계절 예측에서 기온 bias는 기후인자(NAO, EA)와 연관이 있어 기후인자에 대한 bias correction을 통한 예측성능 개선

### ⑥ 그 외

- AMOC과 연관된 여러 지역의 기후 반응, AMOC 변동성의 예측 등
- 인도양, 대서양, 태평양의 상호작용 및 상관관계에 대한 연구
- Causal link를 활용한 다양한 기후인자의 상호 연관성에 대한 연구
- Multiyear ENSO dynamics에 대한 관측/모델기반 연구

## 2. Relevance to APEC Climate Center's Activities 결론 및 소감

- 극한현상과 관련한 연구에서는 가뭄과 함께 발생하는 고온현상에 대한 중국 연구자가 많았으며 특히 유라시아 지역의 토양수분과 연관된 지표-대기 상호작용의 역할에 대한 분석이 주류를 이루었음. 국내에서도 유라시아 토양수분과 한반도 폭염에 대한 연구가 제시되고 있으므로 APCC도 이와 관련한 연구에 관심을 가져야 할 것으로 보임
- 많은 극한현상 관련 세션에서 2021년 북미 서부 및 유럽 폭염현상을 언급하였고 또한 분석하였음. 유럽 대학연구소에서는 프랑스 정부와 협력하여 2024년 여름에 개최될 파리 올림픽의 성공적인 개최를 위해 이러한 폭염현상이 올림픽 기간에 발생할 가능성에 대해 모델 실험을 통해 준비하고 있다고 함
- 극한현상 원인분석 분야에서는 전통적으로 극한현상이 지구온난화와 연관되었는지를 모델링 실험으로 제시하는 연구가 주였으나 이번 EGU에서는 이러한 분석을 넘어서서 실질적인 프로세스에 관심으로 가지고 이를 storyline으로 연결시키려는 시도가 유럽 연구자들을 중심으로 대두되었음. 스케일과 목적에서 약간 차이가 나지만 현재 APCC 기후분석과에서 수행하는 스토리라인 접근법 및 이상기후 원인분석 방법론이 프로세스 기반 연구라는 큰 틀에서 올바른 방향으로 나아가고 있음을 확인하였음. 더 나아가 APCC에서도 모델링 분석 부분을 확대한다면 Extreme Event Attribution 분야에서 세계적인 레벨로 도약할 수 있을 것이라 생각됨
- 현장 참석 외에도 멀티버스 포스터발표, 화상회의를 통한 구두발표가 이루어져 다양한 방식으로 학회 참여를 유도하고 있음

## 3. Suggestions and Remarks 건의사항

### III. References (Presented and Collected Materials) 주요 수집자료

(with attachment of any information or report in case of attendance of conferences, workshops and meetings) 학술대회, 워크숍, 회의 등 참석 시 관련 정보 및 문서 첨부

- 수집한 포스터 및 구두 발표자료 (첨부파일 참조)